

**Andre Sander, Michael Keiner, Klaus Wirth &
Dietmar Schmidtbleicher**

Entwicklung von Sprintleistungen durch ein Krafttraining im Nachwuchsleistungssport Fußball

*EFFECTS OF STRENGTH TRAINING IN SPRINT PERFORMANCE OF YOUTH
ELITE SOCCER PLAYERS*

Zusammenfassung

Aufgrund des Anforderungsprofils im Fußball sind Kraft- und Schnellkraftfähigkeit von hoher Bedeutung. Um einen Leistungsvorteil zu generieren, ist die Ausprägung der Komponente Kraft als sinnvoll zu erachten. In dieser Untersuchung wurde der Einfluss eines einjährigen Krafttrainings auf die Sprintleistung über eine Distanz von 30 Metern bei jugendlichen Fußballern erfasst. Die Fußballer waren zwischen 13 und 18 Jahre alt und wurden unterteilt in A (unter 19 Jahre), B (unter 17 Jahre) und C (unter 15 Jahre) Jugend. Jede Alterskategorie wurde wieder in zwei Gruppen unterteilt. Eine Gruppe (KTG) absolvierte neben dem regulären Fußballtraining zweimal pro Woche ein Krafttraining. Die Kontrollgruppe absolvierte ausschließlich das reguläre Fußballtraining. Die Ergebnisse der Maximalkraftwerte zeigen einen signifikanten Unterschied ($p < 0.05$) zwischen den beiden Gruppen in der Front- und Nackenkniebeuge in allen drei Jahrgängen. Auch in der Sprintleistung ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Krafttrainingsgruppe (KTG) konnte im A- und B-Jugendbereich signifikant höhere Leistungssteigerungen in den Teilabschnitten 5 Meter bis 30 Meter ($p < 0.05$) erreichen. Im C-Jugendbereich kam es dagegen zu keinen signifikanten Unterschieden in der Leistungssteigerung zwischen den beiden Gruppen. Die Ergebnisse zeigen, dass es zu einem Leistungsvorteil im Sprint nach einem einjährigen Krafttraining kommen kann. Es zeigt sich auch, dass ein Transfer der Kraftsteigerungen in der Kniebeuge auf die Sprintleistung nach einem Jahr Krafttraining nicht sehr hoch ist. Demnach sollten Überlegungen aufgestellt werden, ein Krafttraining schon frühzeitig zu beginnen, um einen möglichen besseren Übertrag auf Sprintleistungen gewährleisten zu können.

Schlagworte: Krafttraining – Sprint – jugendlicher Fußballspieler

Abstract

As a result of the requirements profile in soccer, strength and speed-strength abilities are of great importance. In order to generate performance benefits the development of strength is a reasonable measure. The aim of this study was to demonstrate the influence of a year-long strength training on the 30 meter sprint performance in young soccer players. The subjects were between 13 and 18 years old and were divided into the following groups: A (less than 19 years), B (less than 17 years), and C (less than 15 years). The participants in each cohort were divided into two groups. One group (KTG) was subjected to regular soccer training in addition to strength training twice a week. The other group (CG) only completed the regular soccer training. As a result, a significantly better performance ($p < .05$) in KTG in 1RM (One Repetition Maximum) of front and neck squats after one year was exhibited by all

cohorts. In terms of sprint performance, the KTG were significantly better than the CG ($p < .05$) in the sections of 5 to 30 m linear sprint in both, the A- and B-cohorts. In the C-cohort no significant differences between KTG and CG in 30 m linear sprint could be observed. In conclusion, a one-year strength training programme can lead to improved sprinting performances. However, it appears that the transfer of the improvement in strength in the squat is limited in terms of sprint performance. For this reason, it is necessary to start strength training at an early age to exploit the complete reserve capacity in power performances and enable its transfer on to other performance, such as sprint.

Key words: strength training – sprint – youth soccer player

1 Einleitung

Aufgrund der Anforderungsprofile verschiedener Teamsportarten haben die konditionellen Eigenschaften Kraft und Schnelligkeit eine hohe Bedeutung für die Leistung in der jeweiligen Sportart (Ebben & Blackard, 2001; Ebben, Carroll & Simenez, 2004; Hoffman, Tenenbaum, Maresh & Kraemer, 1996). Im Anforderungsprofil des Fußballs wird die Bedeutung der Kraft- und Schnellkraftfähigkeiten neben den anderen konditionellen Fähigkeiten ebenfalls schnell ersichtlich. Ein Fußballer absolviert während eines Spiels eine hohe Anzahl an schnellkräftigen Aktionen. Unter schnellkräftigen Aktionen versteht man Bewegungen, die durch die Ausprägung der Schnellkraft limitiert sind. Dies beinhaltet gerade die muskulären Arbeitsweisen im Dehnungsverkürzungs-Zyklus. Stolen, Chamari, Castagna und Wisloff (2005, S. 503) geben an, dass in einem Fußballspiel 1000 bis 1400 schnellkräftige Aktionen wie Sprints, Sprünge, Richtungswechsel oder Schüsse stattfinden. Diese Aktionen können über Torerfolg bzw. Torverhinderung sowie gewonnene bzw. verlorene Zweikämpfe entscheiden (Reilly, 2007). Demnach kann man die Aktionen Sprints und Sprünge als leistungslimitierende Faktoren im Fußball bezeichnen. Die Sprintbewegung ist, bezogen auf die Medianebene des Körpers, eine asymmetrische Bewegung (Schöllhorn, 2003). Die der direkten Vorwärtsbewegung dienende Streck- und Schwungkraft der unteren Extremitäten wird durch die Oberkörperkraft unterstützt. Demnach ist ein gut ausgebildetes Muskelkorsett des gesamten Körpers für ein gutes Sprintverhalten erforderlich. Betrachtet man die Sprints im Fußball, zeigt sich, dass 96 % davon bis zu 30 Metern absolviert werden (Stolen et al. 2005). Dabei liegen etwa 50 % aller Sprints bei weniger als 10 Metern (Stolen et al., 2005). Damit zeigt sich, dass die meisten Sprints im Fußball im Bereich der Beschleunigungsphase verlaufen (Mackala, 2007). In dieser Phase geht es darum, einen möglichst maximalen Geschwindigkeitszuwachs zu erreichen. Einflussfaktoren in der Beschleunigungsphase sind unter anderem die Schnellkraftparameter Maximalkraft und Explosivkraft (Young, Benton, Duthie & Pryor, 2001). Dies resultiert aus den längeren Bodenkontaktzeiten auf den ersten Metern gegenüber späteren Sprintphasen (Babic, Coh & Dizdar, 2011; Young et al., 2001). Durch die längeren Bodenkontaktzeiten kann eine Kraftübertragung auf den Untergrund besser gewährleistet werden. Dadurch erhöht sich die Kraft, mit der der Spieler auf den Boden wirkt. Diese Kraft wird als Bodenreaktionskraft bezeichnet. Es konnte nachgewiesen werden, dass eine hohe horizontale Bodenreaktionskraft eine höhere Laufgeschwindigkeit zu

einem gesetzten Zeitpunkt innerhalb des Sprints generiert (Hunter, Marshall & McNair, 2005; Mero & Komi, 1986; Ricard & Veatch, 1994; Sleivert & Taingahue, 2004).

Die Zeiten innerhalb der kurzen Sprintdistanzen werden unter anderem durch die Fähigkeit der Muskulatur, schnellkräftig zu arbeiten, determiniert. Demnach ist ein hohes Maximalkraftniveau und damit eine gut entwickelte Muskulatur unumgänglich (Young et al., 2001). Auch die neuronale Ansteuerung der Muskulatur muss optimal ausgebildet sein, da ansonsten das vorhandene muskuläre Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Dies verdeutlicht sich in diversen Untersuchungen, in denen ein mittlerer bis hoher Zusammenhang zwischen verschiedenen Kraftmessungen und Sprintleistungen zu finden ist. Bissas und Havenetidis (2008) finden mittlere bis hohe Zusammenhänge ($r = .73$) zwischen einer isometrischen Kraftmessung und der maximalen Laufgeschwindigkeit über 35 Meter (Young, McLean & Ardagna, 1995). Dowson, Nevill, Lakomy, Nevill und Hazeldine (1998) kommen zu ähnlichen Ergebnissen mit konzentrischen Maximalkraftmessungen und Sprintzeiten über 15 ($r = .51$) bzw. 30 Meter ($r = .68$) (Kukolj, Ropret, Ugarkovic & Jaric, 1999). Hori, Newton, Andrews, Kawamori, McGuigan und Nosaka (2008) konnten zwischen dem Einerwiederholungsmaximum (1RM) der Frontkniebeuge und der 20 Meter-Sprintzeit ebenfalls mittlere bis hohe Zusammenhänge ($r = .60$) nachweisen. Auch zwischen dem 1RM der Nackenkniebeuge und der Sprintleistung über 5, 15 und 30 Meter konnten mittlere bis hohe Zusammenhänge ($r = .45-.94$) gezeigt werden (McBride, Blow, Kirby, Haines, Dayne & Triplett, 2009; Requena, Gonzalez-Badillo, DeVillareal, Erelina, Garcia, Gapeyeva & Pääsuke, 2009; Sleivert & Taingahue, 2004; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff, 2004). Nimphius, McGuigan und Newton (2010) zeigten in einem 3RM (Dreier-Wiederholungs-Maximum) hohe Korrelationen ($r = .84 - .87$) zu Sprintzeiten über 20 und 30 Meter (m). Diese Untersuchungen zeigen einen deutlichen Einfluss der Kraft auf die Beschleunigungsphase im Sprint. Weiterhin konnten Untersuchungen nachweisen, dass ein Krafttraining zu geringeren Sprintzeiten auf Distanzen bis zu 30 m führen kann (Rønnestad, Kvamme, Sunde & Raastad, 2008; Tsimahidis, Galazoulas, Skoufas, Papaiakevou, Bassa, Patikas & Kotzamanidis, 2010). Wilson, Murphy und Walshe (1996) ermittelten nach einem 8-wöchigen Krafttraining mit der Kniebeuge eine Leistungssteigerung im Sprint von etwa 2.3 %. Auch Chelly, Fathloun, Cherif, Amar, Tabka und Van Praagh (2009) zeigen nach einem 8-wöchigen Krafttraining mit jugendlichen Fußballern Steigerungen der Sprintgeschwindigkeit über 5 und 40 m. Harris, Stone, O'Bryant, Proulx und Johnson (2000) finden dagegen nach einem 9-wöchigen Krafttraining mit der Kniebeuge keine positiven Veränderungen im Sprint über 30 m (McBride, Triplett-McBride, Davie & Newton, 2002). Auch Lopez-Segovia, Palao, Andrés und González-Badillo (2010) zeigten nach 16 Wochen Krafttrainingsintervention bei U19-Spielern signifikant schlechtere Ergebnisse im 20 m- und 30 m-Sprint, die Kontrollgruppe dagegen keine Veränderungen.

Die hier angeführten Studien konnten sowohl positive als auch negative Auswirkungen eines Krafttrainings auf die Sprintleistung feststellen. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass es sich immer nur um kurze Interventionen von maximal 16 Wochen handelte. Über langfristige Interventionen im Nachwuchsleistungssport

Fußball, die bis zu einem Jahr oder länger gehen, finden sich in der Literatur keine Hinweise. Eine Krafttrainingsintervention über einen solchen Zeitraum lässt erwarten, dass der Übertrag von Kraftsteigerungen auf die Sprintleistung höher ausfällt, da neben den neuronalen Anpassungen auch morphologische Anpassungen als limitierende Faktoren auf die Sprintleistung einen positiven Einfluss auf den Sprint nehmen können (Majumdar & Robergs, 2011; Young, 2006).

Aus diesem Grund soll diese Untersuchung zeigen, inwiefern sich ein einjähriges Krafttraining auf die Sprintleistung von jugendlichen Fußballspielern auswirkt, bzw. wie hoch der Transfer von Kraftsteigerungen auf die Sprintleistung ausfällt.

Schlumberger (2006) unterteilt in seinem Übersichtsartikel die im Fußball vorkommenden Sprints in kürzere und längere Fußballdistanzen. Diese Unterteilung wird durch unterschiedliche Ausprägungen des Sprintverhaltens erklärt. Auch Cometti, Maffioletti, Pousson, Chatard und Maffulli (2001) zeigen einen Leistungsunterschied zwischen Profifußballern und Amateurfußballern bei 10 Meter-Sprintzeiten, jedoch nicht bei 30 Meter-Sprintzeiten. Demnach soll in dieser Untersuchung auch geklärt werden, ob ein Krafttraining sich unterschiedlich auf die jeweiligen Sprintdistanzen innerhalb der 30 Meter auswirkt.

2 Methodik

An der Untersuchung nahmen Fußballer ($n = 142$) der Altersklassen A-, B- und C-Junioren aus dem Nachwuchsleistungssport teil. Die Fußballer spielen in der höchsten bzw. zweithöchsten Juniorenspielklasse und stammen aus zwei Nachwuchsleistungszentren von Profivereinen aus Deutschland. Das Altersspektrum der Fußballer befindet sich zwischen 14 und 18 Jahren. Die Fußballer wurden in zwei Gruppen geteilt. Die eine Gruppe (KTG; $n = 72$) führte ein Krafttraining über ein Jahr lang zusätzlich zu den Fußballtrainingseinheiten durch, die andere Gruppe (CG; $n = 70$) diente als Kontrollgruppe und absolvierte ausschließlich vier Fußballtrainingseinheiten pro Woche. Der erste Testtermin (T1) wurde Anfang Juli 2009 absolviert. Hier befanden sich alle Spieler innerhalb der Saisonvorbereitung. Der zweite Testtermin (T2) fand Ende Mai 2010 statt. Zu diesem Zeitpunkt mussten die Spieler noch ein bis zwei Saisonspiele absolvieren.

Das Krafttraining der KTG wurde neben vier Fußballtrainingseinheiten zweimal wöchentlich durchgeführt. Dabei wurden die Übungen parallele Nackenkniebeuge und Frontkniebeuge jeweils einmal wöchentlich absolviert. Zusätzlich führten die Spieler unter anderem die Übungen Bankdrücken, Kreuzheben, Rudern vorgebeugt oder Nackendrücken sowie Übungen für die Rumpfmuskulatur durch. Das Krafttraining der Kniebeuge wurde so periodisiert, dass sich nach einem vierwöchigen Techniktraining ein Hypertrophieblock (5 Serien, 10RM; mindestens 3 Minuten) von acht Wochen anschloss. Danach wurde ein weiterer Hypertrophieblock (5 Serien, 6RM; mindestens 3 Minuten Pause) von vier Wochen durchgeführt. Es folgte ein vierwöchiger IK (Intramuskuläres Krafttraining)-Trainingsblock (5 Serien, 4RM; 5 Minuten Pause). Diese Belastungsnormativa sind für Kinder und Jugendliche geeignet (Faigenbaum, Kraemer, Blimkie, Jeffreys, Micheli, Nitka und Rowland, 2009). Das Gewicht in der Kniebeuge wurde so gewählt, dass die vorgegebene Wiederholungs-

zahl pro Serie immer technisch sauber ausgeführt werden konnte. Das Gewicht in der jeweiligen Kniebeugevariante wurde immer dann gesteigert, wenn die vorgegebene Wiederholungszahl in allen Serien innerhalb einer Einheit in zwei aufeinanderfolgenden Trainingsterminen vom jeweiligen Spieler geschafft wurde. Das Training der Rumpfmuskulatur und der oberen Extremitäten wurde immer in Form eines Hypertrophietrainings (3-5 Serien, 10 Wiederholungen; 3 Minuten Pause) durchgeführt. Hierbei mussten die Spieler neben der Kniebeugevariante drei Übungen für den Oberkörper und eine Übung für die Rumpfmuskulatur durchführen. Dieser Periodisierungszyklus wurde innerhalb des Trainingsjahres zweimal durchgeführt.

Die Sprintleistung wurde mit einem Linearsprint über 30 m gemessen. Beim Linearsprint wurde die Zeit mit sieben Doppellichtschranken ermittelt. Die Zeitmessung wurde nach Durchlaufen der ersten Lichtschranke gestartet. Die Probanden entschieden selbstständig, wann gestartet wurde. Damit wurde die Reaktionszeit aus der Messung ausgegrenzt. Der Startpunkt wurde 0,75 m vor der Startlichtschranke gesetzt, damit ein frühzeitiges Auslösen durch z. B. eine Handbewegung oder die vorgebeugte Position des Oberkörpers beim Start vermieden wurde. Die Zeit wurde beim Linearsprint nach 5, 10, 15, 20, 25 und 30 m ermittelt. Die Test-Retest-Korrelationen für die jeweiligen Sprintdistanzen liegen bei $r = 0.94-0.98$.

Zusätzlich wurde eine Maximalkraftmessung durchgeführt. Dafür wurde das Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) in der Front- und Nackenkniebeuge gewählt. Die 1RM-Messung wird für Fußballer empfohlen und stellt eine geeignete Möglichkeit zur Maximalkraftbestimmung im Kindes- und Jugendalter dar (Faigenbaum et al., 2009). Das Aufwärmen (2 Serien à 6-8 Wdh.) wurde mit einem submaximalen, nicht ermüdenden Gewicht in der Kniebeuge durchgeführt. Danach wurde das 1RM ermittelt, welches in maximal fünf Versuchen erreicht wurde. Zu Beginn wurde das 1RM der Frontkniebeuge, dann der Nackenkniebeuge ermittelt. Da die Frontkniebeuge eine koordinativ schwierigere Aufgabe darstellt als die Nackenkniebeuge, wurde diese Reihenfolge gewählt. Die Kontrollgruppe absolvierte für die Messung des 1RM ein zweiwöchiges, vorgeschaltetes Techniktraining der Front- und Nackenkniebeuge. Mindestens zwei Tage vor den Messzeitpunkten erfolgten keine auslastenden Trainingseinheiten.

Die Daten wurden mittels der Statistiksoftware SPSS 17.0 und Microsoft Excel analysiert. Alle Daten wurden mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test auf Normalverteilung getestet. Der T-Test für unabhängige Stichproben wurde angewandt, um Unterschiede in den jeweiligen Testparametern zum Zeitpunkt T1 zwischen den beiden Gruppen zu ermitteln. Die normalverteilten Daten wurden mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren Gruppe (KTG/CG) und Zeitpunkt (T1/T2) für den Gruppenvergleich und den Messwiederholungsfaktor in den jeweiligen Altersgruppen getestet. Davor wurde der Mauchly-Sphäritätstest durchgeführt. Bei gegebener Sphärität wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Bei einer errechneten Signifikanz für den Messwiederholungsfaktor wurde der post-hoc Test nach Bonferroni angewandt. Zusätzlich wurde eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt, um zu ermitteln, wie hoch der Einfluss der Laufzeitdifferenz des Messabschnitts 0-5 Meter auf die Abschnitte 0-10 und 0-30 Meter ist. Dafür wurde neben einer Korrelationsanalyse zwischen abhängi-

ger Variable und Kovariable auch eine Errechnung des homogenen Regressionskoeffizienten durchgeführt. Im Anschluss wurden jeweils die korrigierten Effektstärken nach Cohen der einzelnen Variablen berechnet (Bortz & Döring, 2006). Diese sollen einen Hinweis auf die praktische Relevanz für eventuelle errechnete Unterschiede geben. Allgemein werden Effektstärken > 0.50 als groß interpretiert. Effektstärken von 0.50 bis 0.30 werden als moderat und Effektstärken 0.30 bis 0.10 als klein bzw. < 0.10 als trivial bezeichnet (Bortz & Döring, 2006). Zusätzlich wurden die relativen Veränderungen zwischen T1 und T2 errechnet, um eine bessere Darstellung der Ergebnisse zu gewährleisten.

3 Ergebnisse

Der Kolmogorov-Smirnov-Test ergab für alle Parameter eine Normalverteilung.

Die in Tabelle 1 dargestellten anthropometrischen Daten zeigen einen signifikanten Unterschied bei der Körpergröße ($p < 0.02$) und dem Gewicht ($p < 0.034$) in T1 zwischen den beiden Gruppen im B-Juniorenbereich. Des Weiteren zeigt die Varianzanalyse einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen innerhalb des C-Juniorenbereichs in der Veränderung des Körpergewichts ($p < 0.001$) und der Körpergröße ($p < 0.005$).

Tab. 1: Mittelwerte \pm Standardabweichungen der anthropometrischen Daten der beiden Gruppen in den jeweiligen Jahrgängen sowie die prozentualen Veränderungen zwischen T1 und T2

T = Messzeitpunkt; cm = Zentimeter; kg = Kilogramm; KTG = Krafttrainingsgruppe; CG = Kontrollgruppe; %-T1 zu T2 = prozentuale Veränderung zwischen T1 und T2; § = signifikanter Unterschied ($p < 0.05$) zwischen den beiden Gruppen innerhalb eines Jahrgangs in T1; * = signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen innerhalb eines Jahrgangs in der Veränderung zwischen T1 und T2					
	Gruppe	Größe T1 (cm)	%-T1 zu T2	Gewicht T1 (kg)	%-T1 zu T2
A-Jugend (n=23)	KTG (n=10)	173.6 \pm 5.7	0.2 \pm 0.4	67.0 \pm 5.6	3.8 \pm 2.6
	CG (n=13)	175.8 \pm 6.1	0.3 \pm 0.9	72.1 \pm 6.7	3.8 \pm 2.9
B-Jugend (n=58)	KTG (n=31)	177.7 \pm 6.7§	1.0 \pm 0.9	69.1 \pm 7.1§	5.2 \pm 3.5
	CG (n=27)	173.9 \pm 6.4§	1.5 \pm 1.3	64.1 \pm 7.2§	6.4 \pm 6.3
C-Jugend (n=61)	KTG (n=32)	165.1 \pm 8.7	2.3 \pm 1.3*	55.8 \pm 11.8	7.4 \pm 5.1*
	CG (n=29)	162.9 \pm 8.5	3.4 \pm 1.5*	50.8 \pm 8.5	13.4 \pm 5.4*

Die dargestellten Ergebnisse (Abb. 1) zeigen im varianzanalytischen Gruppenvergleich der A-Junioren eine signifikant höhere Verbesserung der KTG gegenüber der CG in den Sprintzeiten über 5 m ($F = 6.273$; $p < 0.021$), 10 m ($F = 6.047$; $p < 0.023$), 15 m ($F = 4.512$; $p < 0.046$), 20 m ($F = 7.637$; $p < 0.012$), 25 m ($F = 6.564$;

$p < 0.018$) und 30 m ($F = 4.561$; $p < 0.045$). Die Effektstärken nach Cohen sind hoch und liegen bei $d = 0.7$ bis 0.9 . Für den Messwiederholungsfaktor zeigt sich ebenfalls ein signifikantes Ergebnis für 5 m ($F = 6.273$; $p < 0.021$), 10 m ($F = 6.047$; $p < 0.023$), 15 m ($F = 4.512$; $p < 0.045$), 20 m ($F = 7.636$; $p < 0.012$), 25 m ($F = 6.565$; $p < 0.018$) und 30 m ($F = 4.561$; $p < 0.045$). Post Hoc zeigte der Bonferroni-Test, dass die KTG signifikante Verbesserungen bei 10 m (-1.4 %), 20 m (-1.5 %), 25 m (-1.2 %) und 30 m (-1.0 %) erreichte. Die Effektstärken liegen bei $d = 0.1$ - 0.4 . Die Kontrollgruppe zeigte dagegen signifikant schlechtere Leistungen bei 5 m (2.8 %) und 15 m (1.2 %). Bei 10 m, 20 m, 25 m und 30 m kam es zu keinen signifikanten Ergebnissen. Die Effektstärkenberechnung ergab hier ebenfalls nur geringe Effekte von $d = 0.2$ - 0.3 .

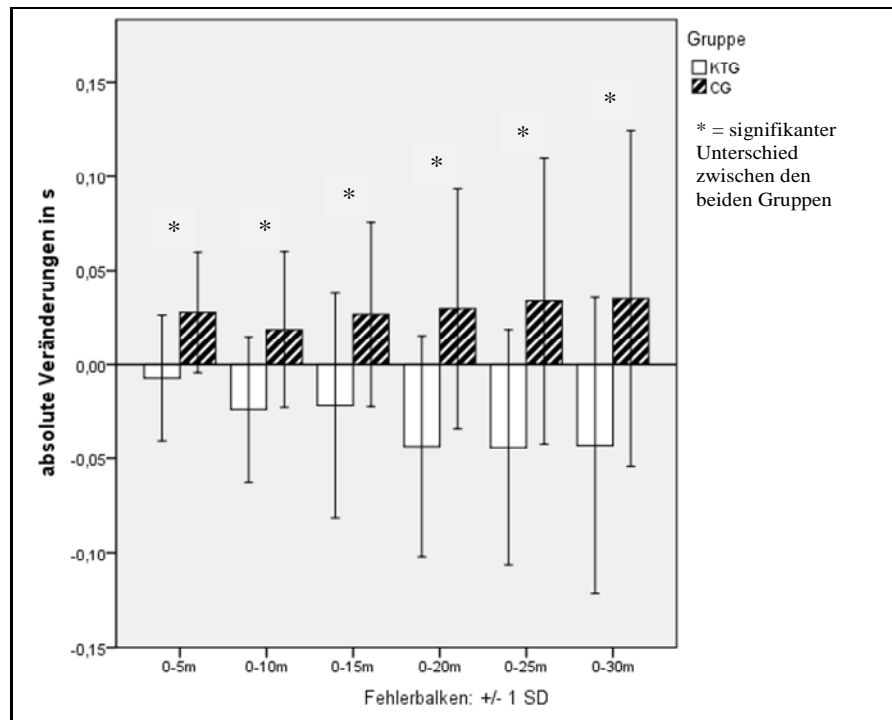


Abb. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Veränderungen der Sprintzeiten über 30 m im Gruppenvergleich bei den A-Junioren

Für den B-Juniorenbereich zeigt sich im Gruppenvergleich (Abb. 2) ebenfalls ein signifikanter Unterschied für 5 m ($F = 12.619$; $p < 0.001$), 10 m ($F = 4.484$; $p < 0.039$), 15 m ($F = 6.481$; $p < 0.014$), 20 m ($F = 12.510$; $p < 0.001$), 25 m ($F = 6.447$; $p < 0.014$) und 30 m ($F = 6.719$; $p < 0.009$). Die Effektstärken im Vergleich der beiden Gruppen im B-Juniorenbereich können als moderat bis hoch bezeichnet werden ($d = 0.4$ bis 0.7). Für den Messwiederholungsfaktor zeigt sich ein signifikan-

tes Ergebnis für 5 m ($F = 12.619$; $p < 0.001$), 15 m ($F = 6.481$; $p < 0.014$), 20 m ($F = 12.510$; $p < 0.001$), 25 m ($F = 6.447$; $p < 0.014$) und 30 m ($F = 6.719$; $p < 0.012$). Post Hoc zeigte der Bonferroni-Test, dass die KTG signifikante Verbesserungen bei 5 m (-2.5 %), 15 m (-2.0 %), 20 m (-1.7 %), 25 m (-1.6 %) und 30 m (-1.6 %) brachte. Die Effektstärken liegen bei $d = 0.1-0.4$. Die Kontrollgruppe zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen T1 und T2.

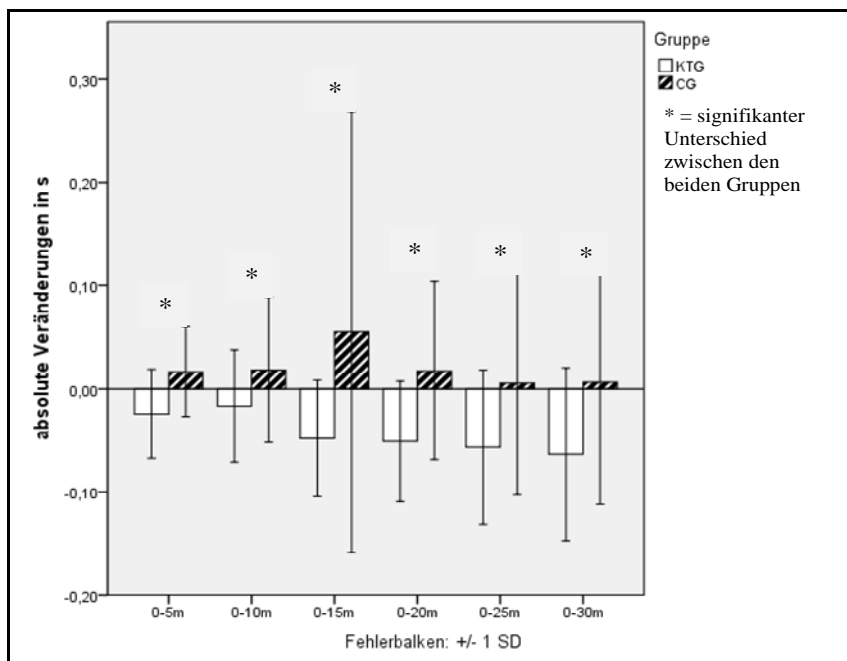


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Veränderungen der Sprintzeiten über 30 m im Gruppenvergleich bei den B-Junioren

Der Gruppenvergleich bei den C-Junioren (Abb. 3) zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Linearsprint. Weiterhin zeigen sowohl die KTG als auch die CG in allen Variablen des Linearsprints signifikante Unterschiede zwischen den T1-Zeiten und den T2-Zeiten. Für den Messwiederholungsfaktor zeigt sich ein signifikantes Ergebnis für 5 m ($F = 18.498$; $p < 0.000$), 10 m ($F = 25.271$; $p < 0.000$), 15 m ($F = 35.629$; $p < 0.000$), 20 m ($F = 37.345$; $p < 0.000$), 25 m ($F = 35.839$; $p < 0.000$) und 30 m ($F = 35.749$; $p < 0.000$). Post Hoc zeigte der Bonferroni-Test, dass die KTG signifikante Verbesserungen bei 5 m (-1.5 %), 10 m (-2.0 %), 15 m (-2.2 %), 20 m (-2.1 %), 25 m (-2.3 %) und 30 m (-2.2 %) erreichte. Die Effektstärken nach Cohen liegen hier zwischen 0.1 und 0.5 und können als klein bezeichnet werden. Die Kontrollgruppe zeigte ebenfalls signifikant bessere Leistungen zwischen T1 und T2 bei 5 m (-2.9 %), 10 m (-2.3 %), 15 m (-2.4 %), 20 m (-2.6 %), 25 m (-2.5 %)

und 30 m (-2.8 %). Die Effektstärken nach Cohen liegen hier zwischen 0.1 und 0.5 und können als klein bezeichnet werden.

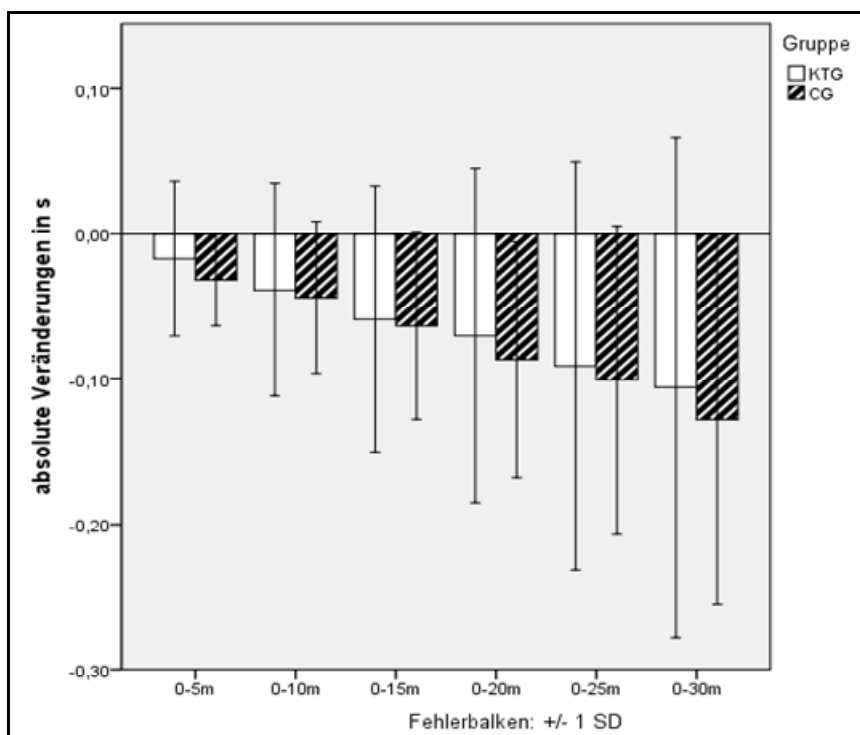


Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Veränderungen der Sprintzeiten über 30 m im Gruppenvergleich bei den C-Junioren

Die Kovarianzanalyse ergab einen hohen signifikanten Effekt der 0-5 Meter-Zeit auf die Streckenzeitunterschiede 0-10 Meter ($r^2 = 0.87$) und 0-30 Meter ($r^2 = 0.73$). Daher wurde in Tabelle 2 nochmal dargestellt, wie hoch der Anteil der jeweiligen Zeitunterschiede auf den Teilstrecken an dem Gesamtzeitunterschied über 30 Meter ist.

Tab. 2: Darstellung der Laufzeitunterschiede der Teilstrecken mit prozentualer Angabe bezogen auf den 30 Meter-Laufzeitunterschied beider Gruppen aus dem C-Juniorenbereich

Streckenabschnitt	0-5m	5-10m	10-15m	15-20m	20-25m	25-30m	0-30m
Zeit in Sekunden	0.024	0.017	0.02	0.017	0.017	0.02	0.166
Prozentangabe	20.80%	14.80%	17.30%	14.80%	14.80%	17.30%	100%

Die Varianzanalyse zeigt im Gruppenvergleich der 1RM-Testung (1RM-Front und 1RM-Nacken) bei den A-Junioren (Abb. 4 und 5) signifikant höhere Leistungssteigerungen der KTG gegenüber der CG im 1RM-Front ($F = 5.256$; $p < 0.033$) und 1RM-

Nacken ($F = 11.123$; $p < 0.003$). Für den Messwiederholungsfaktor ergibt sich ebenfalls ein signifikantes Ergebnis beim 1RM-Front und 1RM-Nacken.

Der Post-Hoc-Test zeigte ein statistisch signifikantes Ergebnis von $p < 0.001$ für die KTG und CG. Die KTG verbesserte sich beim 1RM-Front um 44.8 % und im 1RM-Nacken um 48.1 %. Die CG zeigte ebenfalls Verbesserungen beim 1RM-Front von 20.4 % und 1RM-Nacken von 16.4 %.

Der Gruppenvergleich bei den B-Junioren zeigt signifikant bessere Leistungssteigerungen der KTG gegenüber der CG (Abb. 4 und 5). Es ergeben sich Werte für das 1RM Front von $F = 62.600$; $p < 0.000$ und für das 1RM-Nacken von $F = 61.841$; $p < 0.000$.

Für den Messwiederholungsfaktor ergibt sich ebenfalls post-hoc ein signifikantes Ergebnis beim 1RM-Front und 1RM-Nacken von $p < 0.001$ für die KTG und CG. Die KTG zeigte Verbesserungen beim 1RM-Front von 77.2 % und beim 1RM-Nacken von 82.1 %. Für die CG zeigte sich ebenfalls eine Verbesserung beim 1RM-Front von 23.9 % und beim 1RM-Nacken von 22.9 %.

Für den Gruppenvergleich bei den C-Junioren kommt es zu signifikant besseren Leistungssteigerungen für die KTG gegenüber der CG (Abb. 4 und 5) im 1RM-Front ($F = 27.497$; $p < 0.000$) und 1RM-Nacken ($F = 30.258$; $p < 0.000$).

Für den Messwiederholungsfaktor ergibt sich ebenfalls post-hoc ein signifikantes Ergebnis beim 1RM-Front und 1RM-Nacken von $p < 0.001$ für die KTG und CG. Die KTG erreichte Verbesserungen beim 1RM-Front um 77.4 % und beim 1RM-Nacken um 85.5 %. Für die CG zeigte sich ebenfalls eine Verbesserung beim 1RM-Front von 32.2 % und beim 1RM-Nacken von 52.3 %.

Die berechneten Effektstärken für den Gruppenvergleich der jeweiligen Jahrgänge liegen bei 1.25 bis 1.42 für die Frontkniebeuge und bei 0.93 bis 1.65 für die Nackenkniebeuge. Die Effektstärken sind damit als hoch zu kategorisieren. Die Effektstärken für den Messwiederholungsfaktor liegen in der KTG zwischen $d = 2.71$ und $d = 4.44$, für die CG zwischen $d = 0.75$ und $d = 1.28$ und können als hoch bezeichnet werden (Rhea, 2004).

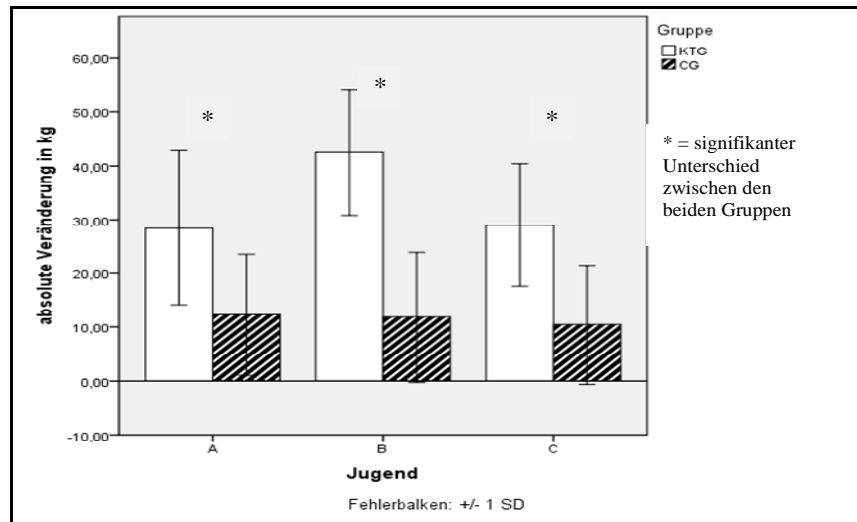


Abb. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Veränderungen im 1RM-Front für alle Jahrgänge

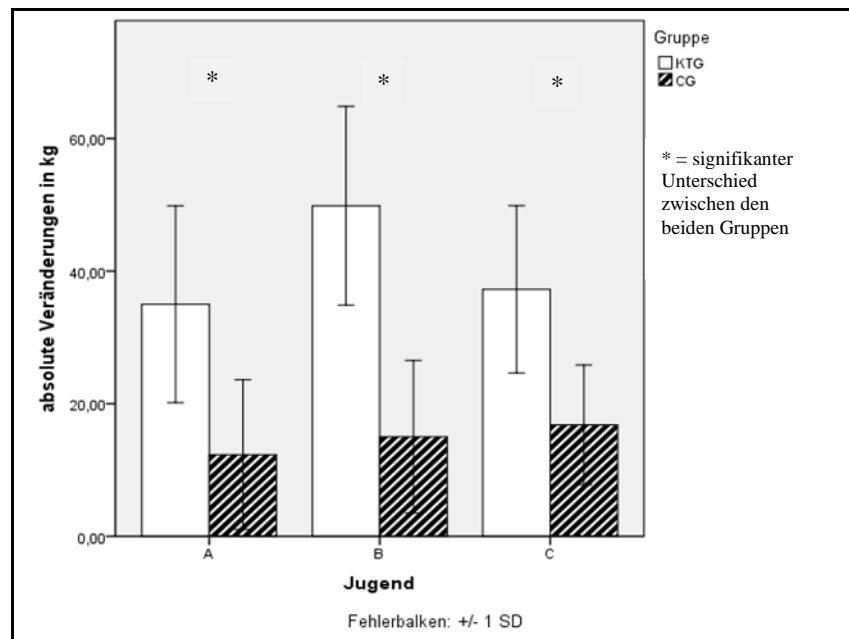


Abb. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Veränderungen im 1RM-Nacken für alle Jahrgänge

4 Diskussion

Die hier ermittelten Werte im Linearsprint und die Maximalkraftwerte müssen aufgrund der geringen Probandenzahlen mit Vorsicht interpretiert werden und zeigen einen ersten Einblick für die Leistungsfähigkeit von jugendlichen Nachwuchsspielerfußballern. Des Weiteren muss angemerkt werden, dass eine zusätzliche Kontrollgruppe bestehend aus untrainierten Jugendlichen aufgrund eines zu hohen organisatorischen Aufwands nicht vorhanden ist. Dadurch lässt sich der Einfluss des Fußballspiels auf die Leistungsfähigkeit im Sprint und die Entwicklung der Maximalkraft nicht herausfiltern.

Die Ergebnisse der Maximalkraftmessung zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten T1 und T2 sowohl in der KTG als auch in der CG in allen Jahrgangsbereichen. Damit zeigt sich, dass eine Maximalkraftsteigerung sowohl mit als auch ohne Krafttraining im Juniorenbereich stattfindet. Bei der CG könnte der Einfluss des Fußballtrainings mit wöchentlich vier Trainingseinheiten und die körperliche Entwicklung zu einer Maximalkraftsteigerung führen. Diese Steigerung ist jedoch mit einem steigenden Trainingsniveau und dem Ende der Wachstumsentwicklung als begrenzt zu sehen. Eine Untersuchung von Ronnestad, Nymark und Raastad (2011), in der erwachsene Fußballer über einen Zeitraum von 22 Wochen mit einer Krafttrainingseinheit pro Woche das 1RM-Niveau in der Kniebeuge gerade halten konnten, kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Die Gruppe, die nur alle zwei Wochen eine Krafttrainingseinheit absolvierte, zeigte sogar schlechtere Werte nach 22 Wochen. Des Weiteren zeigte sich durch das Krafttraining der KTG ein hoher Kraftzuwachs von bis zu 85 %, der sich mit Angaben in der Literatur deckt bzw. diese übersteigt (Faigenbaum, 2000; Falk & Tenenbaum, 1996; Hoffman & Kang, 2003). Chelly et al. (2009) zeigen Steigerungsraten im 1RM von 25 % nach 8 Wochen Krafttraining bei 17-jährigen Fußballern. Dagegen geben Hetzler, DeRenne, Buxton Ho, Chai und Seichi (1997) Steigerungsraten von 42 % nach 12 Wochen Krafttraining bei 13-Jährigen an. Auch Blimkie (1992) zeigt in einem Übersichtsartikel Wachstumsraten bis 52 % bei Jugendlichen. In dieser Untersuchung konnten die krafttrainierten Fußballer mit bis zu 85 % die bisherigen Angaben übertreffen. Der Grund dafür ist in der Länge der Trainingsintervention zu sehen, da viele bisher aufgezeigten Untersuchungen in der Literatur nur einen Zeitraum von maximal 20 Wochen aufweisen. Der Gruppenunterschied zwischen der KTG und CG in den Veränderungen der Maximalkraftwerte im 1RM zwischen den beiden Messzeitpunkten ist in allen Jahrgangsbereichen signifikant. Damit kann gezeigt werden, dass ein zusätzlich durchgeführtes Krafttraining im Fußball über ein Jahr eine höhere Steigerung des 1RM in den beiden Kniebeugevarianten vorne und hinten gegenüber einem reinen Fußballtraining aufweist. Der höhere Kraftzuwachs der KTG gegenüber der CG im 1RM könnte allerdings auch durch den höheren Trainingsumfang zu erklären sein, da die CG kein zusätzliches Training neben den Fußballtrainingseinheiten absolvierte. Durch den erhöhten Trainingsumfang und die Trainingsinhalte des Krafttrainings war davon auszugehen, dass die Maximalkraftwerte der KTG am Ende der Intervention eine höhere Steigerungsrate aufweisen als bei der CG. Die Leistungssteigerungen der CG im 1RM resultieren möglicherweise neben dem Effekt des Fußballtrainings aus entwicklungsbedingten Faktoren. Ausgehend davon, dass

entwicklungsbedingte Faktoren ebenfalls bei der Leistungsentwicklung der KTG eine Rolle spielen könnten, ist auch ein Interaktionseffekt von Krafttraining und Entwicklung denkbar. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch Christou, Smilios, Sotropoulos, Volaklis, Pilianidis und Tokmakidis (2006), die nach vier Monaten für 12- bis 15-jährige krafttrainierte Fußballer, Fußballer ohne Krafttraining und eine Kontrollgruppe Zuwächse im 1RM an der Übung Beinpresse ermittelten. Die in dieser Untersuchung festgestellten hohen Effektstärken für die Messwiederholung decken sich ebenfalls mit Angaben in der Literatur. Christou et al. (2006) erfassten nach vier Monaten für die Krafttrainingsintervention Effektstärken von $d = 2.77$ und für das Fußballtraining von $d = 1.7$ im 1RM.

Die Ergebnisse im Linearsprint zeigen im A-Juniorenbereich für alle Teilstrecken signifikant bessere Leistungssteigerungen der KTG mit mittleren bis hohen Effekten. Die Höhe der Effektstärken ist allerdings nicht allein durch die Leistungssteigerungen der KTG, sondern auch durch die reduzierte Sprintleistung der CG zu begründen. Als Beispiel dafür kann die 10 m Zeit aufgeführt werden, in der es bei beiden Gruppen zu keinen signifikanten Verbesserungen bzw. Verschlechterungen der Leistung auf dem Messwiederholungsfaktor kommt, der Gruppenunterschied dennoch signifikant wird. Für die B-Junioren zeigt sich im Gruppenvergleich das gleiche Ergebnis analog zu den A-Junioren. Hier waren die Leistungssteigerungen der KTG ebenfalls in allen Teilstrecken signifikant besser als bei der CG. Es zeigen auch Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal und Wisloff (2010), dass ein Krafttraining bei professionellen Fußballern nach acht Wochen zu signifikant besseren Leistungssteigerungen im 10 m- und im 30 m-Sprint gegenüber einer Kontrollgruppe führt. Chelly et al. (2009) konnten bei 17-jährigen Fußballern über 5 m und 40 m höhere Steigerungen der Laufgeschwindigkeit bei der Interventionsgruppe nach acht Wochen aufzeigen (Spinks, Murphy, Spinks & Lockie, 2007). Auch Vilaca Maio Alves, Natal Rebelo, Abrantes und Sampaio (2010) bestätigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Sie konnten bei 17-Jährigen mit einer Kombination aus Krafttraining und Sprüngen ebenfalls bessere Steigerungen im 5 m- und im 15 m-Sprint erzielen als mit einem reinen Fußballtraining. Ronnestad et al. (2008) zeigte dagegen keine signifikanten Veränderungen im 10 m- und im 40 m-Sprint zwischen Interventionsgruppe und Kontrollgruppe nach sieben Wochen.

Im Gruppenvergleich der C-Junioren konnten keine signifikanten Unterschiede über alle Teilstrecken beobachtet werden. Wong, Chamari und Wisloff (2010) konnten dagegen bei 14-jährigen Fußballern Unterschiede im 10 m- und im 30 m-Sprint zwischen einer Krafttrainingsgruppe und einer Kontrollgruppe nach 12 Wochen aufweisen. Allerdings muss auch erwähnt werden, dass in der Untersuchung von Wong et al. (2010) die Veränderungen in Körpergewicht und Körpergröße nicht so hoch waren wie in dieser Untersuchung. Hier konnte die CG signifikant höhere Veränderungen aufweisen als die KTG. Wong, Chamari, Dellal und Wisloff (2009) konnten einen Zusammenhang zwischen der Körpergröße bzw. dem Körpergewicht und den Leistungen im Sprint ermitteln. Damit geht eine positive Veränderung der Sprintleistung mit dem Wachstum bzw. der Reifung einher. Auch andere Untersuchungen zeigen, dass Sportler mit höherem Körpergewicht bessere Leistungen im Sprint über kurze Distanzen und Vertikalsprungformen erbringen konnten (Sporis, Jukic, Ostojic &

Milanovic, 2009). Ob dies der Grund für den nicht signifikanten Gruppenvergleich ist, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Für den Messwiederholungsfaktor zeigt die KTG bei den A-Junioren für die Teilstrecken 10 m, 20 m, 25 m und 30 m signifikante Ergebnisse, für die Teilstrecken 5 m und 15 m dagegen nicht, wobei die 15 m nur knapp am Signifikanzniveau ($p < 0.054$) scheiterten. Begründet wird dies durch eine zu hohe Standardabweichung. Comfort, Haigh und Matthews (2012) konnten dagegen für die 5 m, 10 m und 20 m signifikante Ergebnisse nach einem 7-wöchigen Krafttraining erzielen. Die CG zeigte dagegen auf dem Messwiederholungsfaktor signifikant schlechtere Ergebnisse bei 5 m und 15 m. Für die anderen Teilstrecken konnte kein signifikantes Ergebnis erzielt werden. Da die Effektstärkenberechnung nur schwache Effekte aufwies ($d = 0.1-0.4$), kann den erzielten Signifikanzen keine praktische Relevanz zugeordnet werden. Lockie, Murphy, Schultz, Knight und Janse de Jonge (2012) zeigen nach sechs Wochen Krafttraining dagegen für Sprintgeschwindigkeiten bei 5 m und 10 m Effektstärken von $d = 2.4$. Diese sind höher als die hier ermittelten Effektstärken. Wong et al. (2010) konnten nach acht Wochen Krafttraining Steigerungen im 5 m-Sprint von 5 % und im 30 m-Sprint von knapp 3 % bei Fußballern erreichen. Die Kontrollgruppe zeigte ähnlich zu dieser Untersuchung leicht schwächere Leistungen, die jedoch nicht signifikant waren. Damit zeigt diese Untersuchung für die 5 m-Teilstrecke höhere Zuwachsraten. Für die B-Junioren zeigt sich auf dem Messwiederholungsfaktor der KTG in allen Teilstrecken außer den 10 m ein signifikantes Ergebnis. Auch hier waren die Effektstärken mit $d = 0.1-0.4$ gering. Die CG zeigte in keinem Teilstreckenabschnitt ein signifikantes Ergebnis. Chelly et al. (2009) konnten in einer Untersuchung mit Fußballern im gleichen Altersbereich ähnliche Ergebnisse erzielen. Bei 5 m zeigte sich durch ein Krafttraining eine signifikante Steigerung. Jovanovic, Sporis, Omrcen und Fiorentini (2011) zeigen auch in einem Athletikprogramm mit Kraftkomponente, dass es zu Steigerungen im 5 m- und im 10 m-Sprint kommt. Die Effektstärken waren gering bis moderat. Auch in dieser Untersuchung zeigte die Kontrollgruppe keine Veränderungen in der Sprintleistung (Rønnestad et al., 2011). Für die C-Junioren zeigt sich für beide Gruppen auf dem Messwiederholungsfaktor ein signifikantes Ergebnis in allen Teilstreckenabschnitten. Die berechneten Effektstärken zeigen auch hier nur schwache Effekte ($d = 0.2-0.4$). Christou et al. (2006) finden für den Altersbereich ähnliche Ergebnisse nach einer 16-wöchigen Intervention. Sowohl die Fußballer mit Krafttraining als auch die Fußballer ohne Krafttraining kommen im 10 m- und im 30 m-Sprint zu Leistungssteigerungen mit nur geringen Effekten. Auch Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli und Ahmaidi (2010) finden signifikante Steigerungen über 30 m durch ein Krafttraining mit geringen Effekten in diesem Altersbereich. Bei 10 m konnte dagegen keine Steigerung ermittelt werden.

Der Übertrag von Maximalkraftsteigerungen im 1RM der beiden Kniebeugevarianten auf die Sprintleistung über 30 m scheint nur sehr gering zu sein. Unter der Betrachtung der prozentualen Steigerungen der Leistungen zeigt sich, dass auch bei Zuwachsraten von 50 % bis 85 % nur Steigerungen der Sprintleistung von etwa 2.0 % bis 2.9 % erreicht wurden. Dies verdeutlicht die hohe Anzahl an Einflussfaktoren für eine Sprintleistung. Selbst auf den ersten Metern, in denen das Maximalkraftniveau ein entscheidender Einflussfaktor für die Leistung ist (Young et al., 2001), konnten

keine höheren Steigerungen in der Leistung erzielt werden. In der Literatur finden sich Angaben von 7.6 % für 5 m und 7.3 % für 10 m bei etwa 18 % Steigerungen im 1RM nach acht Wochen (Comfort et al., 2012). Chelly et al. (2009) zeigen bei 5 m Steigerungen von 5 % gegenüber 25 % im 1RM nach acht Wochen.

In dieser Untersuchung zeigt sich, dass in beiden Gruppen der C-Junioren die höchsten Zuwachsraten (bis zu 2.9 %) im Sprint über 30 m ermittelt wurden (siehe auch Abb. 3). Allerdings zeigen die beiden Gruppen in diesem Altersbereich auch die höchsten Zuwachsraten in Körpergewicht und Körpergröße.

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass ein Krafttraining zu Leistungssteigerungen im Sprint über 30 m führen kann. Es zeigt sich jedoch auch, dass ein einjähriges Krafttraining nicht in allen Altersbereichen zu Steigerungen über die Teilstrecken eines 30 m-Sprints geführt hat. Gerade auf die ersten 15 m wäre davon auszugehen gewesen, dass es unabhängig vom Alter zu Leistungssteigerungen kommt. Daher erscheint es sinnvoll, den Einfluss eines mehrjährigen Krafttrainings bezogen auf die Sprintleistung zu beobachten.

5 Fazit

Ein Krafttraining scheint einen positiven Effekt auf die Sprintleistung zu haben. Hierfür wird allerdings ein langfristig angelegtes periodisiertes Krafttraining empfohlen. In der Literatur werden Angaben gegeben, in denen von einem 10-jährigen langfristig geplanten Training für eine gute Entwicklung der Sprintleistung ausgegangen wird (Rowland, 2004). Dies resultiert aus der hohen Anzahl an Einflussfaktoren für den Sprint. Darunter fallen nicht nur die athletischen Komponenten der Maximalkraft und Schnellkraft, sondern auch die umfangreichen technischen Elemente der Sprintbewegung. Für den Fußball ist die Einführung eines Krafttrainingskonzepts in den Nachwuchsbereich zu empfehlen, da neben den Leistungssteigerungen im Sprint und Sprung auch die Minimierung von Verletzungshäufigkeiten zu erwarten ist. Weiterhin zeigt sich, dass im Saisonverlauf nur durch ein Fußballtraining keine Steigerungen im Sprint und Sprung zu erreichen sind (Caldwell & Peters, 2009; La Torre, Vernillo, Rodigari, Maggioni & Merati, 2007). Hier kann maximal das Leistungsniveau gehalten werden. Auch in der Untersuchung von Silvestre, Kraemer, West, Judelson, Spiering, Vingren, Hatfield, Anderson und Maresch (2006) zeigt sich, dass es zu keinen Steigerungen von Sprintleistungen über kurze Distanzen kommt, wenn nicht kontinuierlich ein Krafttraining in der Saison durchgeführt wird (Ronnestad et al., 2011). Lockie et al. (2012) zeigten, dass ein Krafttraining zu höheren Leistungssteigerungen im Sprint über 5 m und 10 m führen kann als ein Sprinttraining (Spinks et al., 2007). Auch Tonnessen, Shalfawi, Haugen und Enoksen (2011) erreichen durch ein Sprinttraining allein keine Steigerungen über 20 m.

Dass ein Krafttraining zweimal wöchentlich in das Gesamttrainingskonzept integrierbar ist, hat diese Untersuchung gezeigt. Weiterhin legen auch andere Untersuchungen dar, dass die Integration eines Krafttrainings in das Gesamttrainingskonzept möglich ist (Lopez-Segovia et al., 2010; Silvestre et al., 2006; Jovanovic et al., 2011). Daher ist es anzustreben, ein Krafttraining in allen Nachwuchsleistungszentren entsprechend zu integrieren.

Literatur

- Babic, V., Coh, M., & Dizdar, D. (2011). Differences in kinematic parameters of athletes of different running quality. *Biology of Sport*, *28*, 115-121.
- Bissas, A.I., & Havenetidis, K. (2008). The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *48*, 49-54.
- Blimkie, J.R. (1992). Resistance training during preadolescence. *Sports Medicine*, *15* (6), 389-407.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24* (10), 2715-2722.
- Caldwell, B.P., & Peters, D.M. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23* (5), 1370-1377.
- Chelly, M.S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M.B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23* (8), 2241-2249.
- Christou, M., Smilios, I., Sotopoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T., & Tokmakidis, P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20* (4), 783-791.
- Cometti, G., Maffiuletti, N.A., Pousson, M., Chatard, J.C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur french soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, *22*, 45-51.
- Comfort, P., Haigh, A., & Matthews, M.J. (2012). Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26* (3), 772-776.
- Dowson, M.N., Nevill, M.E., Lakomy, H.K., Nevill, A.M., & Hazeldine, R.J. (1998). Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *Journal of Sport Science*, *16*, 257-265.
- Ebben, W.P., & Blackard, D.O. (2001). Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *15* (1), 48-58.
- Ebben, W.P., Carroll, R.M., & Simenez, C.J. (2004). Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18* (4), 889-897.
- Faigenbaum, A.D. (2000). Strength training for children and adolescents. *Clinics in Sports Medicine*, *19* (4), 593-619.
- Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Blimkie, C.J.R., Jeffreys, I., Micheli, L.J., Nitka, M., & Rowland, T.W. (2009). Youth Resistance Training: Up Dated Position Statement Paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 60-79.
- Falk, B., & Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Medicine*, *22* (3), 176-186.

- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M., & Johnson, R.L. (2000). Short-term performance effect of high power, high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (1), 14-20.
- Hetzler, R.K., DeRenne, C., Buxton, B.P., Ho, K.W., Chai, D.X., & Seichi, G. (1997). Effects of 12 weeks of strength training on anaerobic power in prepubescent male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (3), 174-181.
- Hoffman, J.R., & Kang, J. (2003). Strength changes during an in-season resistance-training program for football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 109-114.
- Hoffman, J.R., Tenenbaum, G., Maresh, C.M., & Kraemer, W.J. (1996). Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10 (2), 67-71.
- Hori, N., Newton, R.U., Andrews, W.A., Kawamori, N., McGuigan, M.R., & Nosaka, K. (2008). Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting and changing of direction? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (2), 412-418.
- Hunter, J.P., Marshall, R.N., & McNair, P.J. (2005). Relationship between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 21, 31-43.
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., & Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, and quickness training method on power performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (5), 1285-1292.
- Kukulj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength, and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 120-122.
- La Torre, A., Vernillo, G., Rodigari, A., Maggioni, M., & Merati, G. (2007). Explosive strength in female 11-on-11 versus 7-on-7 soccer players. *Sport Science and Health*, 2, 80-84.
- Lockie, R.G., Murphy, A.J., Schultz, A.B., Knight, T.J., & Janse de Jonge, X.A.K. (2012). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (6), 1539-1550.
- Lopez-Segovia, M., Palao Andrés, J.M., & González-Badillo, J.J. (2010). Effect of 4 month of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (10), 2705-2714.
- Mackala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 22 (2), 7-16.
- Majumdar, A.S., & Robergs, R.A. (2011). The science of speed: Determinants of performance in the 100 m sprint. *International Journal of Sport Science & Coaching*, 6 (3), 479-493.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R.U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (1), 75-82.
- McBride, J.M., Blow, D., Kirby, T.J., Haines, T.L., Dayne, A.M., & Triplett, N.T. (2009). Relationship between Maximal Squat Strength and five, ten, and forty Yard Sprint Times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (6), 1633-1636.
- Mero, A., & Komi, P.V. (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 553-561.

- Nimphius, S., McGuigan, M.R., & Newton, R.U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 885-895.
- Reilly, T. (2007). *Science of Training – Soccer*. London: Routledge.
- Requena, B., Gonzalez-Badillo, J.J., DeVillareal, E.S., Erelina, J., Garcia, I., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2009). Functional performance, maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (5), 1391-1401.
- Rhea, M.R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (4), 918-920.
- Ricard, M.D., & Veatch, S. (1994). Effect of running and aerobic dance jump height on vertical ground reaction forces. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 14-27.
- Rønnestad, B.R., Kvamme, N.H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (3), 773-780.
- Rønnestad, B.R., Nymark, B.S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (10), 2653-2660.
- Rowland, T.W. (2004). *Children's exercise physiology*. Champaign: Human Kinetics.
- Schlumberger, A. (2006). Sprint- und Sprungkrafttraining bei Fußballspielern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 57 (5), 125-131.
- Schöllhorn, W. (2003). *Eine Sprint- und Laufschnelle für alle Sportarten*. Aachen: Meyer und Meyer.
- Silvestre, R., Kraemer, W.J., West, C., Judelson, D.A., Spiering, B.A., Vingren, J.L., Hatfield, D.L., Anderson, J.M., & Maresh, C.M. (2006). Body composition and physical performance during a national collegiate athletic association division I men's soccer season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 962-970.
- Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 46-52.
- Spinks, C.D., Murphy, A.J., Spinks, W.L., & Lockie, R.G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union and Australian football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (1), 77-85.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S.M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (7), 1947-1953.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of Soccer – An Update. *Sports Medicine*, 35 (6), 501-536.
- Tønnessen, E., Shalfawi, S.A.I., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (9), 2364-2370.
- Tsimahidis, K., Galazoulas, C., Skoufas, D., Papaiakevou, G., Bassa, E., Patikas, D., & Kotzamanidis, C. (2010). The effect of sprinting after each set off heavy resistance training on the running speed and jumping performance of young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (8), 2102-2108.

- Vilaca Maio Alves, J.M., Natal Rebelo, A., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 936-941.
- Wilson, G.J., Murphy, A.J., & Walshe, A. (1996). The specificity of strength training: the effect of posture. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 346-352.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285-288.
- Wong, P.L., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (4), 1204-1210.
- Wong, P.L., Chamari, K., & Wisloff, U. (2010). Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (3), 644-652.
- Wong, P.L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (3), 653-660.
- Young, W., McLean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 13-19.
- Young, W., Benton, D., Duthie, G., & Pryor, J. (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength and Conditioning Journal*, 23 (2), 7-13.
- Young, W. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 74-83.